

**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Yuji YASUI

Application No.: New Application

Filed: Concurrently herewith

Attorney Dkt. No.: 59012.00005

For: AIR-FUEL RATIO CONTROL APPARATUS FOR INTERNAL COMBUSTION  
ENGINE

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 USC § 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

June 23, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

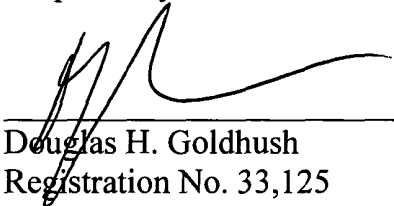
**Japanese Patent Application No. 2002-194145 filed on July 3, 2002 in Japan**

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper  
to Counsel's Deposit Account No. 50-2222.

Respectfully submitted,



---

Douglas H. Goldhush  
Registration No. 33,125

**Customer No. 32294**  
SQUIRE, SANDERS & DEMPSEY LLP  
14<sup>TH</sup> Floor  
8000 Towers Crescent Drive  
Tysons Corner, Virginia 22182-2700  
Telephone: 703-720-7800  
Fax: 703-720-7802

DHG:lls

Enclosure: Priority Document (1)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月 3日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-194145

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-194145 ]

出 願 人

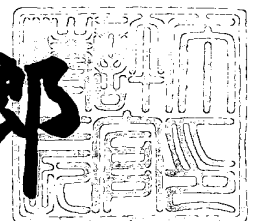
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3021864

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102154901

【提出日】 平成14年 7月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 41/14

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研  
                                究所内

    【氏名】 安井 裕司

【特許出願人】

    【識別番号】 000005326

    【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100105119

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 新井 孝治

    【電話番号】 03(5816)3821

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 043878

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

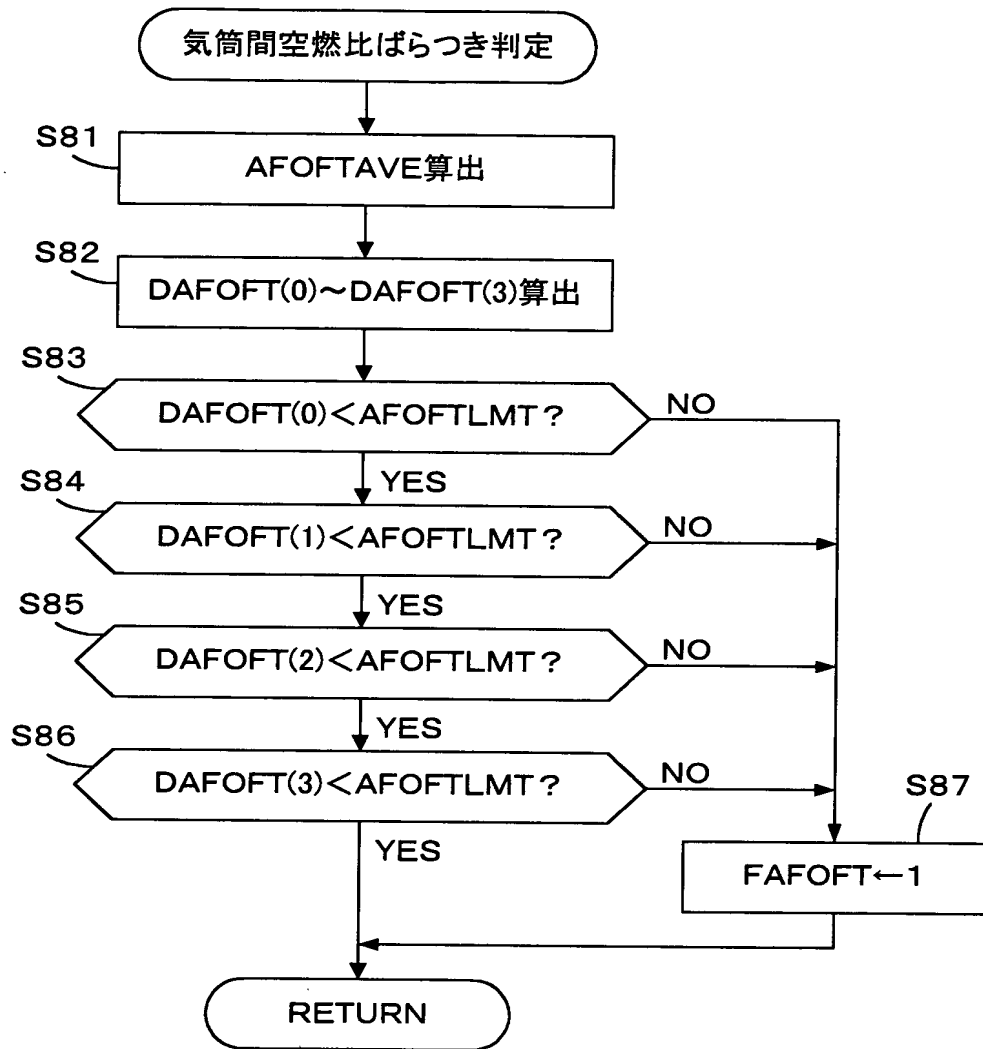
    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数気筒を有する内燃機関の気筒毎の空燃比ばらつきを比較的簡便な手法により判定することができる内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

【解決手段】 気筒毎にモデルパラメータベクトル  $\theta$  を同定し、そのモデルパラメータベクトル  $\theta$  に基づいて、気筒間の空燃比ばらつきを示すパラメータである定常補正係数  $AFOFT$  を気筒毎に算出する (S 6 1)。所定の機関運転条件 (S 6 2 ~ S 6 6) が満たされるときに得られる定常補正係数  $AFOFT$  の統計処理を行い、各気筒の空燃比ずれ  $AFOFTLS$  を算出する (S 6 8, S 6 9)。空燃比ずれ  $AFOFTLS$  の平均値  $AFOFTAVE$  を算出し、該平均値  $AFOFTAVE$  と空燃比ずれ  $AFOFTLS$  の偏差が大きいとき、空燃比ばらつきが大きいと判定する。

【選択図】 図 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 3 2 6 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 9 月 6 日
[ 変更理由 ]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号
氏 名	本田技研工業株式会社

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数気筒を有する内燃機関に供給する混合気の空燃比を目標空燃比に一致させるように制御する内燃機関の空燃比制御装置において、

前記複数気筒に接続された排気マニホールドの集合部より下流側に設けられた空燃比センサと、

該空燃比センサにより検出される空燃比と、前記機関の気筒毎の燃料供給量を規定する値との関係により定義される制御対象モデルのモデルパラメータを気筒毎に同定する同定手段と、

該同定手段により同定されるモデルパラメータに基づいて前記複数気筒のそれぞれに供給される混合気の空燃比ばらつきを判定する空燃比ばらつき判定手段とを備えることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 2】 前記空燃比ばらつき判定手段は、所定の機関運転条件が満たされるときに同定されるモデルパラメータに基づいて前記判定を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 3】 前記空燃比ばらつき判定手段は、前記モデルパラメータに応じてばらつき評価パラメータを算出し、該ばらつき評価パラメータを統計処理した値に基づいて前記判定を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 4】 前記統計処理は、逐次型アルゴリズムを用いて実行されることを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の空燃比制御装置に関し、特に複数気筒を有する内燃機関をモデル化した制御対象モデルを用いて、気筒毎に空燃比を制御するものに関する。

【0002】

## 【従来の技術】

複数気筒を有する内燃機関の、気筒毎の空燃比のばらつきが大きくなると、排気系に設けられる触媒の浄化効率が低下し、排気特性の悪化を招く。そのため、気筒毎の空燃比を推定し、空燃比補正を気筒毎に行うことが、例えば特開平 1 0 - 5 4 2 7 9 号公報に示されている。この公報には、複数気筒を有する内燃機関の気筒毎の空燃比を、排気系集合部に設けた 1 つの空燃比センサ出力に基づいて推定する手法が示されている。この手法によれば、機関排気系の挙動を記述するモデルに基づいて、その内部状態を観測するオブザーバにより、気筒毎の空燃比の推定が行われる。

## 【0 0 0 3】

## 【発明が解決しようとする課題】

最近、内燃機関の空燃比制御には、例えば特開平 1 1 - 7 3 2 0 6 号公報に示されるような適応制御器が用いられることが多くなっている。適応制御器をマイクロコンピュータで実現するための演算量は、PID（比例積分微分）制御に比べて多いので、オブザーバを実現するための演算を行うとさらに演算量が増加する。

したがって、気筒毎の空燃比のばらつきが大きくなっていることを、より簡便に判定する手法が望まれていた。

## 【0 0 0 4】

本発明はこの点に着目してなされたものであり、複数気筒を有する内燃機関の気筒毎の空燃比ばらつきを比較的簡便な手法により判定することができる内燃機関の空燃比制御装置を提供することを目的とする。

## 【0 0 0 5】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため請求項 1 に記載の発明は、複数気筒を有する内燃機関に供給する混合気の空燃比（KACT）を目標空燃比（KCMD）に一致させるように制御する内燃機関の空燃比制御装置において、前記複数気筒に接続された排気マニホールドの集合部より下流側に設けられた空燃比センサ（17）と、該空燃比センサ（17）により検出される空燃比（KACT）と、前記機関の気筒

毎の燃料供給量を規定する値（K S T R）との関係により定義される制御対象モデルのモデルパラメータ（ $\theta$ ）を気筒毎に同定する同定手段（４２）と、該同定手段（４２）により同定されるモデルパラメータ（ $\theta$ ）に基づいて前記複数気筒のそれぞれに供給される混合気の空燃比ばらつきを判定する空燃比ばらつき判定手段とを備えることを特徴とする。

## 【 0 0 0 6 】

「気筒毎の燃料供給量を規定する値」は、例えば後述する実施形態における適応補正係数 K S T R を用いることができる。また、「気筒毎の燃料供給量を規定する値」として、適応補正係数 K S T R に代えて、要求燃料噴射量 T C Y L'（ $= T I M \times K S T R$ ）を用いてもよい。

## 【 0 0 0 7 】

この構成によれば、気筒毎に制御対象モデルのモデルパラメータが同定され、該同定されたモデルパラメータに基づいて、気筒間の空燃比ばらつきが判定される。したがって、気筒毎に空燃比センサを設けることなく、また従来のようにオペレータに対応する演算を行うことなく、比較的簡便に気筒間の空燃比ばらつきを判定することができる。

## 【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、前記空燃比ばらつき判定手段は、所定の機関運転条件（図 10，S 6 2 ～ S 6 6）が満たされるときに同定されるモデルパラメータ（ $\theta$ ）に基づいて前記判定を行うことを特徴とする。

この構成によれば、所定の機関運転条件が満たされるときに同定されるモデルパラメータに基づいて気筒間の空燃比ばらつき判定が行われる。機関運転が安定しているときに同定されるモデルパラメータに基づいて判定を行うことにより、正確な判定を行うことができる。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、前記空燃比ばらつき判定手段は、前記モデルパラメータ（ $\theta$ ）に応じてばらつき評価パラメータ（A F O F T）を算出し、該ばらつき評価パラメー

タを統計処理した値（A F O F T L S）に基づいて前記判定を行うことを特徴とする。

#### 【 0 0 1 0 】

この構成によれば、モデルパラメータに応じてばらつき評価パラメータが算出され、該ばらつき評価パラメータを統計処理した値に基づいて空燃比ばらつき判定が行われる。同定されるモデルパラメータは、ばらつきや変動を伴うが、統計処理した値に基づいた判定を行うことにより、ばらつきや変動の影響を排除し、正確な判定を行うことができる。

#### 【 0 0 1 1 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、前記統計処理は、逐次型アルゴリズムを用いて実行されることを特徴とする。

この構成によれば、逐次型アルゴリズムを用いて統計処理が実行されるので、逆行列演算や大量のデータを蓄積することが不要となり、演算装置の演算負荷を軽減することができる。

#### 【 0 0 1 2 】

##### 【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は本発明の一実施形態にかかる内燃機関（以下「エンジン」という）及びその空燃比制御装置の構成を示す図である。

#### 【 0 0 1 3 】

4 気筒のエンジン 1 の吸気管 2 にはスロットル弁 3 が配されている。スロットル弁 3 にはスロットル弁開度（T H）センサ 4 が連結されており、スロットル弁開度 T H に応じた電気信号を出力して電子制御ユニット（以下「E C U」という） 5 に供給する。

#### 【 0 0 1 4 】

燃料噴射弁 6 はエンジン 1 とスロットル弁 3 との間かつ吸気管 2 の図示しない吸気弁の少し上流側に各気筒毎に設けられており、各噴射弁は図示しない燃料ポンプに接続されていると共に E C U 5 に電氣的に接続されて当該 E C U 5 からの

信号により燃料噴射弁 6 の開弁時間が制御される。

【 0 0 1 5 】

一方、スロットル弁 3 の直ぐ下流には吸気管内絶対圧 (PBA) センサ 8 が設けられており、この絶対圧センサ 8 により電気信号に変換された絶対圧信号は前記 ECU 5 に供給される。また、その下流には吸気温 (TA) センサ 9 が取付けられており、吸気温 TA を検出して対応する電気信号を出力して ECU 5 に供給する。

【 0 0 1 6 】

エンジン 1 の本体に装着されたエンジン水温 (TW) センサ 10 はサーミスタ等から成り、エンジン水温 (冷却水温) TW を検出して対応する温度信号を出力して ECU 5 に供給する。

ECU 5 には、エンジン 1 のクランク軸 (図示せず) の回転角度を検出するクランク角度位置センサ 11 が接続されており、クランク軸の回転角度に応じた信号が ECU 5 に供給される。クランク角度位置センサ 11 は、エンジン 1 の特定の気筒の所定クランク角度位置でパルス (以下「CYLパルス」という) を出力する気筒判別センサ、各気筒の吸入行程開始時の上死点 (TDC) に関し所定クランク角度前のクランク角度位置で (4 気筒エンジンではクランク角 180 度毎に) TDC パルスを出力する TDC センサ及び TDC パルスより短い一定クランク角周期 (例えば 30 度周期) で 1 パルス (以下「CRKパルス」という) を発生する CRK センサから成り、CYLパルス、TDC パルス及び CRK パルスが ECU 5 に供給される。これらのパルスは、燃料噴射時期、点火時期等の各種タイミング制御及びエンジン回転数 (エンジン回転速度) NE の検出に使用される。

【 0 0 1 7 】

排気管 13 は、4 つの排気マニホールド (図示せず) に分岐し、エンジン 1 の 4 つの気筒に接続されている。排気管 13 の、排気マニホールドが集合する集合部より下流側に、排気中の酸素濃度 (エンジン 1 に供給される混合気の空燃比) にほぼ比例した電気信号を出力する空燃比センサ (以下「LAFセンサ」という) 17 が設けられている。LAFセンサ 17 の下流側には三元触媒 14 が設けら

れている。三元触媒 1 4 は、排気ガス中の H C , C O , N O x 等の浄化を行う。

【 0 0 1 8 】

L A F センサ 1 7 は、E C U 5 に接続されており、排気中の酸素濃度に略比例した電気信号を E C U 5 に供給する。

エンジン 1 は、吸気弁及び排気弁のバルブタイミングを、エンジンの高速回転領域に適した高速バルブタイミングと、低速回転領域に適した低速バルブタイミングとの 2 段階に切換可能なバルブタイミング切換機構 3 0 を有する。このバルブタイミングの切換は、弁リフト量の切換も含み、さらに低速バルブタイミング選択時は 2 つの吸気弁のうち的一方を休止させて、空燃比を理論空燃比よりリーン化する場合においても安定した燃焼を確保するようにしている。

【 0 0 1 9 】

バルブタイミング切換機構 3 0 は、バルブタイミングの切換を油圧を介して行うものであり、この油圧切換を行う電磁弁及び油圧センサが E C U 5 に接続されている。油圧センサの検出信号は E C U 5 に供給され、E C U 5 は電磁弁を制御してエンジン 1 の運転状態に応じたバルブタイミングの切換制御を行う。

【 0 0 2 0 】

なお、図示は省略しているが、排気を吸気管 2 に還流する排気還流機構及び燃料タンクで発生する蒸発燃料をキャニスタに貯蔵し、適時吸気管 2 に供給する蒸発燃料処理装置が設けられている。

また E C U 5 には大気圧 P A を検出する大気圧センサ 2 1 及びエンジン 1 により駆動される車両の走行速度、すなわち車速を検出する車速センサが接続されており、これらのセンサの検出信号は、E C U 5 に供給される。

【 0 0 2 1 】

E C U 5 は、上述した各種センサからの入力信号波形を整形して電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変化する等の機能を有する入力回路と、中央処理ユニット ( C P U ) と、該 C P U で実行される各種演算プログラムや後述する各種マップを記憶する R O M 及び演算結果等を記憶する R A M からなる記憶回路と、燃料噴射弁 6 等の各種電磁弁や点火プラグに駆動信号を出力する出力回路とを備えている。

## 【0022】

ECU5は、上述した各種センサの検出信号に基づいて、LAFセンサ17の出力に応じた空燃比のフィードバック制御を行うフィードバック制御運転領域やオープン制御を行うオープン制御運転領域等の種々のエンジン運転領域を判別するとともに、エンジン運転状態に応じ、下記式(1)により要求燃料量TCYLを算出する。要求燃料量TCYLは、1つの気筒における1回の燃焼に必要なとされる燃料量である。

$$TCYL = TIM \times KTH \times KSTR \times KTOTAL \quad (1)$$

## 【0023】

ここでTIMは基本燃料量、具体的には燃料噴射弁6の基本燃料噴射時間であり、エンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに応じて設定されたTIマップを検索して決定される。TIマップは、エンジン回転数NE及び吸気管内絶対圧PBAに対応する運転状態において、エンジンに供給する混合気の空燃比がほぼ理論空燃比になるように設定されている。すなわち、基本燃料量TIMは、エンジンの単位時間当たりの吸入空気量(質量流量)にほぼ比例する値を有する。

## 【0024】

KTHは、スロットル弁開度THの変化量DTHに応じて設定される加減速補正係数である。

KSTRは、検出当量比KACT及び目標当量比KCMDに応じて、後述する適応制御器により算出される適応補正係数であり、前記フィードバック制御運転領域において、検出当量比KACTが目標当量比KCMDに一致するように設定される。

## 【0025】

KTOTALは、エンジン水温TWに応じて設定されるエンジン水温補正係数KTW, 吸気温TAに応じて設定される吸気温補正係数KTA, 大気圧PAに応じて設定される大気圧補正係数KPA, 排気還流実行中に排気還流量に応じて設定されるEGR補正係数KEGR, 蒸発燃料処理装置によるパージ実行時にパージ燃料量に応じて設定されるパージ補正係数KPUG等のフィードフォワード補正係数(加減速補正係数KTHを除く)をすべて乗算することにより算出される

補正係数である。

【 0 0 2 6 】

ECU 5 は、さらに燃料噴射弁 6 により吸気管内に噴射された燃料の一部が、吸気管内壁に付着することを考慮した付着補正演算を実行して、燃料噴射弁 6 による燃料噴射時間 TOUT を算出する。付着補正については、例えば特開平 8 - 2 1 2 7 3 号公報に詳細に開示されている。燃料噴射弁 6 により、燃料噴射時間 TOUT に比例する燃料量が吸気管 2 内に噴射される。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、適応制御器による制御を説明するために制御系の要部を示すブロック図である。図 2 に示す制御系は、適応制御器 3 1、乗算器 3 2、3 3、及び 3 4、付着補正部 3 5、エンジンシステム 1 a、排気管 1 3、LAF センサ 1 7、変換部 3 6 によって構成される。エンジンシステム 1 a は、図 1 に示した燃料噴射弁 6、吸気管 2、及びエンジン 1 を含む。適応制御器 3 1、乗算器 3 2 ~ 3 4、付着補正部 3 5、及び変換部 3 6 は、実際には ECU 5 の CPU による演算処理によって実現される。

【 0 0 2 8 】

変換部 3 6 は、LAF センサ出力を検出当量比 KACT に変換する。適応制御器 3 1 は、コントローラ 4 1 及び同定器 4 2 とからなる。同定器 4 2 は、検出当量比 KACT、適応補正係数 KSTR 及び加減速補正係数 KTH に基づいて、モデルパラメータベクトル  $\theta$  を算出する。モデルパラメータベクトル  $\theta$  は、後述する制御対象モデルを定義する複数のモデルパラメータを要素とするベクトルである。コントローラ 4 1 は、目標当量比 KCMD、検出当量比 KACT 並びに適応補正係数 KSTR 及び加減速補正係数 KTH の過去値に基づき、モデルパラメータベクトル  $\theta$  を用いて、制御対象モデルの伝達関数の逆伝達関数により適応補正係数 KSTR を算出する。

【 0 0 2 9 】

乗算器 3 2 ~ 3 4 は、前記式 (1) の演算を実行し、要求燃料量 TCYL を算出する。付着補正部 3 5 は、付着補正処理を行い、燃料噴射時間 TOUT を算出する。

## 【 0 0 3 0 】

本実施形態では、制御対象モデルは下記式（2）により定義される。

$$\begin{aligned} KACT(k) = & b0 \times KSTR(k-3) \times KTH(k-3) \\ & + r1 \times KSTR(k-4) \times KTH(k-4) \\ & + r2 \times KSTR(k-5) \times KTH(k-5) \\ & + r3 \times KSTR(k-6) \times KTH(k-6) + s0 \times KACT(k-3) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $b0$ 、 $r1$ 、 $r2$ 、 $r3$ 、 $s0$ は、同定器42により同定されるモデルパラメータである。また $k$ は、特定の気筒の燃焼サイクルに対応する制御時刻（サンプル時刻）、すなわちクランク角720度周期に対応する制御時刻を示す。

## 【 0 0 3 1 】

モデルパラメータを要素とするモデルパラメータベクトル $\theta(k)$ を下記式（3）で定義すると、モデルパラメータベクトル $\theta(k)$ は、下記式（4）により算出される。

$$\theta(k)^T = [b0, r1, r2, r3, s0] \quad (3)$$

$$\theta(k) = \theta(k-1) + KP(k) ide(k) \quad (4)$$

## 【 0 0 3 2 】

式（4）の $KP(k)$ は、下記式（5）により定義されるゲイン係数ベクトルであり、式（5）の $P(k)$ は、下記式（6）により定義される5次の正方行列である。また $ide(k)$ は下記式（7）により定義される同定誤差であり、式（7）の $KACTHAT(k)$ は、下記式（8）により、最新のモデルパラメータベクトル $\theta(k-1)$ を用いて算出される推定当量比である。また、下記式（5）、（6）及び（8）の $\xi(k)$ は、下記式（9）で定義される、制御出力（ $KACT$ ）及び制御入力（ $KSTR \times KTH$ ）を要素とするベクトルである。

## 【 0 0 3 3 】

【数 1】

$$K P(k) = \frac{P(k) \zeta(k)}{1 + \zeta^T(k) P(k) \zeta(k)} \quad (5)$$

$$P(k+1) = \frac{1}{\lambda_1} \left( 1 - \frac{\lambda_2 P(k) \zeta(k) \zeta^T(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \zeta^T(k) P(k) \zeta(k)} \right) P(k) \quad (6)$$

( $\mathbf{1}$  は単位行列)

$$i d e(k) = K A C T(k) - K A C T H A T(k) \quad (7)$$

$$K A C T H A T(k) = \theta(k-1)^T \zeta(k) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \zeta(k)^T = & [K S T R(k-3) \times K T H(k-3), K S T R(k-4) \times K T H(k-4), \\ & K S T R(k-5) \times K T H(k-5), K S T R(k-6) \times K T H(k-6), \\ & K A C T(k-3)] \end{aligned} \quad (9)$$

【0 0 3 4】

式 (6) の係数  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  の設定により、式 (4) ~ (9) による同定アルゴリズムは、以下のような 4 つの同定アルゴリズムのいずれかになる。

$\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = 0$  固定ゲインアルゴリズム

$\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = 1$  最小 2 乗法アルゴリズム

$\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = \lambda$  漸減ゲインアルゴリズム ( $\lambda$  は 0, 1 以外の所定値)

$\lambda_1 = \lambda$ ,  $\lambda_2 = 1$  重み付き最小 2 乗法アルゴリズム ( $\lambda$  は 0, 1 以外の所定値)

【0 0 3 5】

式 (9) により定義されるベクトル  $\zeta$  は、適応補正係数  $K S T R$  にそれぞれの時刻における加減速補正係数  $K T H$  が乗算された制御入力 ( $K S T R \times K T H$ ) を要素としている。これにより、エンジン 1 に供給する混合気の空燃比が加減速補正係数  $K T H$  により過剰に補正され、その過剰な補正が検出当量比  $K A C T$  に表れても、同定器 4 2 は、制御対象 (図 2 参照) への制御入力 ( $K S T R \times K T H$ ) が変化したことによるものであることを認識できる。そのため、空燃比 (検出当量比  $K A C T$ ) の過剰補正分を補正する動作をしない。その結果、適応制御器を用いた空燃比制御に、加減速補正係数  $K T H$  の導入することに起因する不具

合を防止することができる。

【0036】

コントローラ41は、下記式(10)により適応補正係数KSTR(k)を算出する。

$$\begin{aligned}
 KSTR(k) = & (1/b_0) (KCMD(k) \\
 & - r_1 \times KSTR(k-1) \times KTH(k-1) \\
 & - r_2 \times KSTR(k-2) \times KTH(k-2) \\
 & - r_3 \times KSTR(k-3) \times KTH(k-3) \\
 & - s_0 \times KACT(k))
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

【0037】

図3は、エンジン1により駆動される車両の加減速時の検出当量比KACT及び適応補正係数KSTRの推移を示すタイムチャートである。同図(a)は車速VPの推移を示す。本実施形態では、加減速補正係数KTHによるリッチ方向及びリーン方向の補正実行時に、適応補正係数KSTRは大きく変動することがない(同図(c)(d)参照)。したがって、加減速補正係数KTHを「1.0」に戻したときに検出当量比KACTの大きな変動が発生せず(同図(b)参照)、良好な空燃比制御特性を得ることができる。

【0038】

なお、上記式(6)の係数 $\lambda_1$ を「1」に設定し、係数 $\lambda_2$ を「0」に設定した固定ゲインアルゴリズムを採用する場合には、前記式(5)に代えて下記式(5a)が用いられる。式(5a)において、Pは定数を対角要素とする対角行列である。

【数2】

$$KP(k) = \frac{P\zeta(k)}{1 + \zeta^T(k)P\zeta(k)} \tag{5a}$$

【0039】

また同定されるモデルパラメータのドリフト防止のために、上記式(4)に代

えて下記式 (4 a) により、モデルパラメータベクトル  $\theta$  を算出するようにしてもよい。

$$\theta(k) = \text{SGM} \theta(k-1) + K P(k) \text{ide}(k) \quad (4 a)$$

【0 0 4 0】

ここで、SGMは、下記式 (1 1) に示すように「1」及び忘却係数  $\sigma$  を対角要素とし、その他の要素を「0」とした忘却係数行列である。忘却係数  $\sigma$  は、0 から 1 の間の値に設定され、同定誤差の過去値の影響を低減する機能を有する。

【数 3】

$$\text{SGM} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma \end{bmatrix} \quad (11)$$

【0 0 4 1】

次に気筒毎の空燃比のばらつきを判定する手法を説明する。

同定器 4 2 は、下記式 (2) (再掲) で定義される制御対象モデルのモデルパラメータを逐次同定している。このモデルの制御時刻  $k$  は、特定気筒の燃焼サイクルに同期した制御時刻であるので、式 (2) は、各気筒毎の制御入力 ( $KSTR \times KTH$ ) と、制御出力  $KCT$  との関係により制御対象モデルを定義するものである。

$$\begin{aligned} KACT(k) = & b_0 \times KSTR(k-3) \times KTH(k-3) \\ & + r_1 \times KSTR(k-4) \times KTH(k-4) \\ & + r_2 \times KSTR(k-5) \times KTH(k-5) \\ & + r_3 \times KSTR(k-6) \times KTH(k-6) + s_0 \times KACT(k-3) \end{aligned} \quad (2)$$

【0 0 4 2】

またこの制御対象モデルにおいて、定常状態における検出当量比 (制御出力)  $KACT$  及び適応補正係数  $KSTR$  を、それぞれ一定値  $KACT'$  及び  $KSTR'$  で表すと、定常状態では加減速補正係数  $KTH$  は「1. 0」であるので、下記

式(12)が成り立つ。

$$KACT' = b0 \times KSTR' + r1 \times KSTR' + r2 \times KSTR' + r3 \times KSTR' + s0 \times KACT' \quad (12)$$

この式(12)から下記式(13)が得られる。

【数4】

$$KACT' = \frac{b0+r1+r2+r3}{1-s0} KSTR' \quad (13)$$

【0043】

式(13)の右辺の $KSTR'$ の係数 $((b0+r1+r2+r3)/(1-s0))$ は、エンジン1の入力と出力の比、すなわち気筒毎の定常的な空燃比のずれを表している。したがって、各気筒毎のモデルパラメータベクトル $\theta$ を下記式(14)で表わし、上記 $KSTR'$ の係数を定常補正係数 $AFOFT$ として下記式(15)で表す。

$$\begin{aligned} \theta(k,i)^T \\ = [b0(k,i), r1(k,i), r2(k,i), r3(k,i), s0(k,i)] \end{aligned} \quad (14)$$

【数5】

$$AFOFT(k,i) = \frac{b0(k,i)+r1(k,i)+r2(k,i)+r3(k,i)}{1-s0(k,i)} \quad (15)$$

上記式(14)及び(15)において、 $i$ は気筒特定パラメータであり、この気筒特定パラメータ $i$ は、0から3までの値をとり、 $i=0, 1, 2, 3$ がそれぞれ#1気筒、#3気筒、#4気筒、#2気筒に対応する。

【0044】

定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ が「1.0」であるときは、空燃比ずれが無い状態であるが、燃料噴射弁6、排気還流機構、蒸発燃料処理装置などの故障若しくは経時劣化(以下単に「異常」という)が起きると、定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ の「1.0」からのずれが大きくなる。したがって、定常補正係数 $AFO$

$FT(k,i)$ は、気筒毎の空燃比ずれを示すパラメータとして用いることができる。

【 0 0 4 5 】

そこで本実施形態では、先ず所定エンジン運転条件が満たされるときに得られる定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ を統計処理することにより、空燃比ずれ $AFOFTLS(k,i)$ を算出し、次いで各気筒の空燃比ずれ $AFOFTLS(k,i)$ の平均値 $AFOFTAVE$ を算出する。そして各気筒の空燃比ずれを示す定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ と平均値 $AFOFTAVE$ との差の絶対値が、所定判定閾値 $AFOFTLMT$ より大きいときは、気筒間の空燃比ずれが大きい、すなわち異常があると判定する。所定エンジン運転条件は、後述するようにエンジン回転数 $NE$ 、吸気管内絶対圧 $PBA$ 、エンジン水温 $TW$ 、吸気温 $TA$ 、及び車速 $VP$ が所定範囲内にあるとき満たされる。

【 0 0 4 6 】

統計処理の手法には、一般に最小 2 乗法が知られているが、この最小 2 乗法による統計処理は、通常、ある一定期間内のデータ、すなわち定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ をすべてメモリに格納しておき、ある時点で一括演算を行うことによって実行される。ところが、この一括演算法では、すべてのデータを格納するために膨大な容量のメモリが必要となり、さらに逆行列演算が必要となって演算量の増大を招く。

【 0 0 4 7 】

そこで本実施形態では、前述した同定器 4 2 による同定演算に適用される逐次型最小 2 乗法アルゴリズムを、統計処理に応用し、定常補正係数 $AFOFT(k,i)$ の最小 2 乗中心値を、空燃比ずれ $AFOFTLS(k,i)$ として算出するようにしている。

【 0 0 4 8 】

具体的には、下記式 (16) (17) 及び (18) を用いた逐次型最小 2 乗法アルゴリズムにより行われる。

$$AFOFTLS(k,i) = AFOFT(k-1,i) + KQ(k) (AFOFT(k,i) - AFOFTLS(k-1,i)) \quad (16)$$

## 【数 6】

$$KQ(k) = \frac{Q(k)}{1+Q(k)} \quad (17)$$

$$Q(k+1) = \frac{1}{\lambda_1'} \left( 1 - \frac{\lambda_2' Q(k)}{\lambda_1' + \lambda_2' Q(k)} \right) Q(k) \quad (18)$$

## 【0 0 4 9】

上記式 (17) により算出される係数  $KQ(k)$  は、前記式 (5) により算出されるゲイン係数ベクトル  $KP(k)$  に対応するものであり、ゲイン係数  $KQ(k)$  の算出に用いられるゲインパラメータ  $Q(k)$  は、式 (18) の漸化式により算出される。

$\lambda_1'$  及び  $\lambda_2'$  は、前記式 (6) の係数  $\lambda_1$  及び  $\lambda_2$  に対応する係数であり、これらの係数  $\lambda_1'$  及び  $\lambda_2'$  の設定によって、式 (16) ~ (18) による統計処理アルゴリズムは、固定ゲインアルゴリズム、最小 2 乗法アルゴリズム、漸減ゲインアルゴリズム及び重み付き最小 2 乗法アルゴリズムのいずれかになる。

## 【0 0 5 0】

なお、上記所定エンジン運転条件が満たされないときは、下記式 (16a) 及び (18a) により、前回値が保持される。

$$AFOFTLS(k,i) = AFOFTLS(k-1,i) \quad (16a)$$

$$Q(k+1) = Q(k) \quad (18a)$$

## 【0 0 5 1】

次に下記式 (19) により、平均値  $AFOFTAVE$  を算出する。式 (19) の  $(m+1)$  は、気筒数であり、本実施形態では「4」である。

## 【数 7】

$$AFOFTAVE = \frac{\sum_{i=0}^m AFOFTLS(k,i)}{m+1} \quad (19)$$

## 【0052】

そして下記式(20)が成立するときは、気筒間空燃比ばらつきは小さい(正常)と判定し、下記式(21)が成立するときは、気筒間空燃比ばらつきが、触媒浄化率を低下させる程度に大きい(異常)判定する。AFOFTLMTは、所定判定閾値であり、例えば0.1に設定される。

$$|AFOFTLS(k,i) - AFOFTAVE| < AFOFTLMT \quad (20)$$

$$|AFOFTLS(k,i) - AFOFTAVE| \geq AFOFTLMT \quad (21)$$

## 【0053】

以上説明した気筒間空燃比ばらつき判定手法によれば、気筒毎に空燃比センサを設けることなく、かつ従来のオブザーバを導入する場合に比べて簡便に判定を行うことができる。

## 【0054】

次に図4～11を参照して、加減速補正係数KTH及び適応補正係数KSTRの算出処理及び気筒間空燃比ばらつき判定処理を説明する。以下に説明する処理は、ECU5のCPUで実行される。

## 【0055】

図4は、要求燃料量TCYLを算出するメインルーチンの要部を示すフローチャートである。この処理は、TDCパルスの発生に同期してECU5のCPUで実行される。

ステップS11では、図5に示すKACCの算出処理を実行し、加速補正係数KACCを算出する。ステップS12では、図7に示す減速補正係数KDECを算出する。ステップS13では、下記式(22)により、加減速補正係数KTHを算出する。

$$KTH = KACC \times KDEC \quad (22)$$

## 【0056】

ステップS14では、図9に示すKSTRの算出処理を実行し、適応補正係数KSTRを算出する。

ステップS13及びS14で算出される加減速補正係数KTH及び適応補正係数KSTRは、図示しない処理で算出される基本燃料量TIM及び補正係数KT

OTALとともに前記式(1)に適用され、要求燃料量TCYLが算出される。

【0057】

ステップS15では、図10に示すAFOTLSの算出処理を実行し、空燃比ずれAFOTLSを算出する。

ステップS16では、図11に示す気筒間空燃比ばらつき判定処理を実行し、気筒間空燃比ばらつきが大きい異常が発生したと判定したとき、当該車両の運転者に警告する警告灯を点灯させる。

【0058】

図5は、図4のステップS11で実行されるKACC算出処理のフローチャートである。

ステップS21では、スロットル弁開度THの変化量DTH ( $=TH(n) - TH(n-1)$ , nは本処理の制御周期(クランク角度180度)に対応する制御時刻である)が、加速判定閾値XDTHKACCH(例えば1.8deg)より大きいか否かを判別する。DTH > XDTHKACCHであるときは、加速フラグFKACCが「1」であるか否かを判別する(ステップS27)。加速開始フラグFKACCはエンジン1により駆動される車両の急加速開始と判定したとき「1」に設定される(ステップS33)。

【0059】

ステップS27でFKACC=0であるときは、スロットル弁開度THが所定開度XTHKACCH(例えば35deg)より大きいか否かを判別する(ステップS28)。加速開始当初は、この答は否定(NO)であるので、ステップS29に進み、吸気管内絶対圧PBAが所定吸気圧XPBKACCH(例えば73kPa(550mmHg))より高いか否かを判別する。加速開始当初はこの答も否定(NO)となるので、ステップS32に進み、スロットル弁開度変化量DTHに応じて、図6に示すKACCテーブルを検索し、加速補正係数KACCを算出する。KACCテーブルは、スロットル弁開度変化量DTHが第1設定値DTH1と第2設定値DTH2の間にあるときは、スロットル弁開度変化量DTHが増加するほど加速補正係数KACCが増加するように設定されている。またスロットル弁開度変化量DTHが第1設定値DTH1より小さいときは、加速補正

係数  $KACC$  は「1.0」に設定され、第2設定値  $DTH2$  より大きいときは、最大値  $KACCH$  に設定される。

#### 【0060】

ステップ  $S33$  では加速開始フラグ  $FKACC$  が「1」に設定される。加速開始フラグが「1」に設定されると、次の本処理実行時にはステップ  $S27$  からステップ  $S34$  に進み、加速開始フラグ  $FKACC$  は「0」に戻される。

加速開始フラグ  $FACC$  が「0」であり、かつスロットル弁開度  $TH$  が所定開度  $XTHKACCH$  より大きいとき、または吸気管内絶対圧  $PBA$  が所定吸気圧  $XPBKACCH$  より大きいときは、ステップ  $S30$  に進み、加速補正係数  $KACC$  を「1.0」に設定し、次いで加速開始フラグ  $FKACC$  を「0」に設定する（ステップ  $S31$ ）。

#### 【0061】

ステップ  $S21$  で  $DHT \leq XDTHKACCH$  であるときは、スロットル弁開度変化量  $DTH$  が負の所定変化量  $-XDTHKACCL$ （例えば  $-0.3 \text{ deg}$ ）より小さいか否かを判別する（ステップ  $S22$ ）。 $DTH \geq -XDTHKACCL$  であるときは、スロットル全閉フラグ  $FTHIDLE$  が「1」であるか否かを判別する（ステップ  $S23$ ）。

#### 【0062】

$DTH < -XDTHKACCL$  であってスロットル弁3が急速に閉弁しているとき、または  $FTHIDLE = 1$  であってスロットル弁3が全閉状態にあるときは、加速補正係数  $KACC$  を「1.0」に設定し（ステップ  $S24$ ）、ステップ  $S34$  に進む。一方  $FTHIDLE = 0$  であるときは、加速補正係数  $KACC$  を所定量  $XDKACC$ （例えば  $0.01$ ）だけデクリメントし（ステップ  $S25$ ）、次いで加速補正係数  $KACC$  の最小値が「1.0」となるようにリミット処理を行う（ステップ  $S26$ ）。すなわちこのリミット処理では、加速補正係数  $KACC$  が「1.0」より小さいか否かを判別し、 $KACC < 1.0$  であるときは、加速補正係数  $KACC$  を「1.0」に設定する。

#### 【0063】

図7は、図4のステップ  $S12$  で実行される  $KDEC$  算出処理のフローチャー

トである。

ステップ S 4 1 では、スロットル弁開度変化量  $DTH$  が正の所定変化量  $XDTHKDECH$  (例えば  $0.1 \text{ deg}$ ) より大きいかな否かを判別する。 $DTH \leq XDTHKDECH$  であるときは、エンジン回転数  $NE$  が所定回転数  $XNEDEC$  (例えば  $1300 \text{ rpm}$ ) より高いかな否かを判別する (ステップ S 4 2)。そして、 $DTH > XDTHKDECH$  であるときまたは  $NE \leq XNEDEC$  であるときは、減速補正係数  $KDEC$  を「1.0」に設定する (ステップ S 4 3)。

#### 【0064】

$NE > XNEDEC$  であるときは、さらにスロットル弁開度変化量  $DTH$  が負の減速判定閾値  $XDTHKDEC$  (例えば  $-0.8 \text{ deg}$ ) 以下かな否かを判別する (ステップ S 4 4)。そして、 $DTH \leq XDTHKDEC$  であってスロットル弁の閉弁速度が大きいときは、スロットル弁開度変化量  $DTH$  の絶対値を、絶対変化量  $DTHABS$  とする (ステップ S 4 7)。次いで、絶対変化量  $DTHABS$  に応じて図 8 に示す  $KDEC$  テーブルを検索し、減速補正係数  $KDEC$  を算出する (ステップ S 4 8)。 $KDEC$  テーブルは、絶対変化量  $DTHABS$  が第 1 設定値  $DTHABS1$  と第 2 設定値  $DTHABS2$  の間にあるときは、絶対変化量  $DTHABS$  が増加するほど減速補正係数  $KDEC$  が減少するように設定されている。また絶対変化量  $DTHABS$  が第 1 設定値  $DTHABS1$  より小さいときは、減速補正係数  $KDEC$  は「1.0」に設定され、第 2 設定値  $DTHABS2$  より大きいときは、最小値  $KDECL$  に設定される。

#### 【0065】

ステップ S 4 4 で、 $DTH > XDTHKDEC$  であるときは、減速補正係数  $KDEC$  を所定量  $XDKDEC$  (例えば  $0.01$ ) だけインクリメントし (ステップ S 4 5)、次いで減速補正係数  $KDEC$  の最大値が「1.0」となるようにリミット処理を行う (ステップ S 4 6)。すなわちこのリミット処理では、減速補正係数  $KDEC$  が「1.0」より大きいかな否かを判別し、 $KDEC > 1.0$  であるときは、減速補正係数  $KDEC$  を「1.0」に設定する。

#### 【0066】

図 9 は、図 4 のステップ S 1 4 で実行される  $KSTR$  算出処理のフローチャー

トである。

ステップ S 5 1 では、気筒特定パラメータ  $i$  が「4」以上か否かを判別し、 $i < 4$  であるときは直ちにステップ S 5 3 に進む。 $i \geq 4$  であるときは、気筒特定パラメータ  $i$  を「0」にリセットするとともに、制御時刻  $k$  を「1」だけインクリメントし（ステップ S 5 2）、ステップ S 5 3 に進む。

【0067】

気筒特定パラメータ  $i$  は、0 から 3 までの値をとり、 $i = 0, 1, 2, 3$  がそれぞれ # 1 気筒、# 3 気筒、# 4 気筒、# 2 気筒に対応する。制御時刻  $k$  は特定の気筒（例えば # 1 気筒）の燃焼サイクル（クランク角 7 2 0 度周期）に対応する時刻であるため、各気筒に対応させてモデルパラメータベクトル  $\theta$  及び適応補正係数  $KSTR$  を算出するために、気筒特定パラメータ  $i$  が導入されている。

【0068】

ステップ S 5 3 では、気筒特定パラメータ  $i$  を「1」だけインクリメントする。次いで下記式（27）、（28）及び（29）により、同定誤差  $ide(k, i)$  を算出し（ステップ S 5 4）、さらに下記式（23）～（26）により、モデルパラメータベクトル  $\theta(k, i)$  を算出する（ステップ S 5 5）。下記式（23）～（29）は、上述した式（3）～（9）の制御時刻を示すパラメータ（ $k$ ）を、制御時刻  $k$  と気筒特定パラメータ  $i$  とからなる、制御時刻を示すパラメータ（ $k, i$ ）に変更したものである。

【0069】

$$\begin{aligned} \theta(k, i)^T \\ = [b_0(k, i), r_1(k, i), r_2(k, i), r_3(k, i), s_0(k, i)] \end{aligned} \quad (23)$$

$$\theta(k, i) = \theta(k-1, i) + KP(k, i) ide(k, i) \quad (24)$$

【数 8】

$$K P(k, i) = \frac{P(k, i) \zeta(k, i)}{1 + \zeta^T(k, i) P(k, i) \zeta(k, i)} \quad (25)$$

$$P(k+1, i) = \frac{1}{\lambda_1} \left( 1 - \frac{\lambda_2 P(k, i) \zeta(k, i) \zeta^T(k, i)}{\lambda_1 + \lambda_2 \zeta^T(k, i) P(k, i) \zeta(k, i)} \right) P(k, i) \quad (26)$$

( 1 は単位行列)

$$i d e(k, i) = K A C T(k, i) - K A C T H A T(k, i) \quad (27)$$

$$K A C T H A T(k, i) = \theta(k-1, i)^T \zeta(k, i) \quad (28)$$

$$\zeta(k, i)^T =$$

$$[K S T R(k-3, i) \times K T H(k-3, i), K S T R(k-4, i) \times K T H(k-4, i), \\ K S T R(k-5, i) \times K T H(k-5, i), K S T R(k-6, i) \times K T H(k-6, i), \\ K A C T(k-3, i)] \quad (29)$$

【0 0 7 0】

続くステップ S 5 6 では、下記式 (30) により、適応補正係数  $K S T R(k, i)$  を算出する。

$$K S T R(k, i) = (1 / b 0(k, i)) (K C M D(k, i) \\ - r 1(k, i) \times K S T R(k-1, i) \times K T H(k-1, i) \\ - r 2(k, i) \times K S T R(k-2, i) \times K T H(k-2, i) \\ - r 3(k, i) \times K S T R(k-3, i) \times K T H(k-3, i) \\ - s 0(k, i) \times K A C T(k, i)) \quad (30)$$

【0 0 7 1】

なお、上記式 (27)、(29) 及び (30) の検出当量比  $K A C T$  は、気筒毎に検出されるものではないが、便宜的に同じ制御時刻を示すパラメータ ( $k, i$ ) を付している。また式 (29) 及び (30) の加減速補正係数  $K T H$ 、及び式 (30) の目標当量比  $K C M D$  は、気筒毎に設定されるわけではないが、同様に同じ制御時刻を示すパラメータ ( $k, i$ ) を付している。本処理の実行周期に対応する制御時刻  $n$  を用いると、下記のように表すことができる。

$$KACT(k,i) = KACT(n)$$

$$KACT(k-3,i) = KACT(n-12)$$

$$KTH(k-j,i) = KTH(n-4j) \quad (j = 1 \sim 6)$$

$$KCMD(k,i) = KCMD(n)$$

## 【 0 0 7 2 】

図 10 は、図 4 のステップ S 15 で実行される AFOTLS 算出処理のフローチャートである。

ステップ S 61 では、前記式 (15) により定常補正係数 AFOT(k,i) を算出する。続くステップ S 62 ~ S 66 では、所定のエンジン運転条件が満たされるか否かを判別する。

## 【 0 0 7 3 】

ステップ S 62 では、エンジン水温 TW が所定上下限值 XTWAOFH, XTWAOF L (例えば 90℃, 75℃) の範囲内にあるか否かを判別し、その答が肯定 (YES) であるときは、吸気温 TA が所定上下限值 XTAAOFH, XTAAOF L (例えば 50℃, 25℃) の範囲内にあるか否かを判別し (ステップ S 63)、その答が肯定 (YES) であるときは、エンジン回転数 NE が所定上下限值 XNEAOFH, XNEAOF L (例えば 3000rpm, 1500rpm) の範囲内にあるか否かを判別し (ステップ S 64)、その答が肯定 (YES) であるときは、吸気管内絶対圧 PBA が所定上下限值 XPBAOFH, XPBAOF L (例えば 73kPa (550mmHg), 47kPa (350mmHg)) の範囲内にあるか否かを判別し (ステップ S 65)、その答が肯定 (YES) であるときは、車速 VP が所定上下限值 XVPAOFH, XVPAOF L (例えば 80km/h, 40km/h) の範囲内にあるか否かを判別する (ステップ S 66)。

## 【 0 0 7 4 】

そしてステップ S 66 の答が肯定 (YES) であって、所定のエンジン運転条件が満たされるときは、ステップ S 68 及び S 69 により、空燃比ずれ AFOTLS(k,i) を算出し、さらに制御時刻 (k+1) に対応する処理 (1 燃焼サイクル後の処理) においてゲイン係数 KQ の算出に用いるゲインパラメータ Q(k+1

)を算出する(ステップS70)。すなわち、ステップS68では、前記式(17)によりゲイン係数 $KQ(k,i)$ を算出し、ステップS69では、前記式(16)により空燃比ずれ $AF OF T L S(k,i)$ を算出し、ステップS70では、前記式(18)により、ゲインパラメータ $Q(k+1)$ を算出する。

## 【0075】

またステップS62～S66の何れかの答が否定(N O)であって所定のエンジン運転条件が満たされていないときは、空燃比ずれ $AF OF T L S(k,i)$ 及びゲインパラメータ $Q(k+1)$ を、それぞれ1燃焼サイクル前に算出された値 $AF OF T L S(k-1)$ 及び $Q(k)$ に設定する(ステップS67)。

## 【0076】

図11は、図4のステップS16で実行される気筒間空燃比ばらつき判定処理のフローチャートである。

ステップS81では、前記式(19)により平均値 $AF OF T A V E$ を算出する。ステップS82では、下記式(31)により4つの気筒に対応する偏差 $DA F OF T(i)$ ( $i=0\sim3$ )を算出する。

$$DA F OF T(i) = | AF OF T L S(k,i) - AF OF T A V E | \quad (31)$$

## 【0077】

ステップS83では、偏差 $DA F OF T(0)$ が所定判定閾値 $AF OF T L M T$ (例えば0.1)より小さいか否かを判別し、その答が肯定(Y E S)であるときは、偏差 $DA F OF T(1)$ が所定判定閾値 $AF OF T L M T$ より小さいか否かを判別し(ステップS84)、その答が肯定(Y E S)であるときは、偏差 $DA F OF T(2)$ が所定判定閾値 $AF OF T L M T$ より小さいか否かを判別し(ステップS85)、その答が肯定(Y E S)であるときは、偏差 $DA F OF T(3)$ が所定判定閾値 $AF OF T L M T$ より小さいか否かを判別する(ステップS86)。

## 【0078】

そして、ステップS86の答が肯定(Y E S)であって、すべての気筒に対応する偏差 $DA F OF T(i)$ が所定判定閾値 $AF OF T L M T$ より小さいときは、気筒間空燃比ばらつきは小さい(正常)と判定する。またステップS83～S8

6の何れかの答が否定（NO）であるときは、その答が否定（NO）となった気筒の空燃比ずれが大きい（異常）と判定し、異常フラグFAFOFTを「1」に設定する。異常フラグFAFOFTは、初期状態では「0」に設定されており、この異常フラグFAFOFTが「1」に設定されると、警告灯が点灯される。

## 【0079】

以上詳述したように本実施形態では、適応制御器31に含まれる同定器42により、エンジン1の気筒毎にモデルパラメータベクトル $\theta$ を同定し、該同定したモデルパラメータに基づいて気筒間の空燃比ばらつきを判定するようしたので、気筒毎に空燃比センサを設けることなく、また従来のようにオブザーバに対応する演算を行うことなく、比較的簡便に気筒間の空燃比ばらつきを判定することができる。

## 【0080】

また図10のステップS62～s66により所定のエンジン運転条件が満たされるか否かを判別し、所定のエンジン運転条件が満たされるときに同定されたモデルパラメータベクトル $\theta$ に基づいて気筒間空燃比ばらつき判定を行うようにしたので、機関運転が安定しているときに同定されるモデルパラメータに基づいて、正確な判定を行うことができる。

## 【0081】

またモデルパラメータベクトル $\theta$ に応じて空燃比ばらつき評価パラメータとしての定常補正係数AFOFTが算出され、該定常補正係数AFOFTを統計処理することにより得られる空燃比ずれAFOFTLSに基づいて空燃比ばらつき判定が行われる。同定されるモデルパラメータベクトル $\theta$ は、ばらつきや変動を伴うが、統計処理した値に基づいた判定を行うことにより、ばらつきや変動の影響を排除し、正確な判定を行うことができる。また、上記統計処理は、逐次型最小2乗法アルゴリズムにより行われるので、逆行列演算や大量のデータを蓄積することが不要となり、演算装置の演算負荷を軽減することができる。

## 【0082】

本実施形態では、ECU5が、同定手段及び空燃比ばらつき判定手段をを構成する。具体的には、図9のステップS54及び55が同定手段に相当し、図10

及び図 1 1 の処理が空燃比ばらつき判定手段に相当する。

【 0 0 8 3 】

なお本発明は上述した実施形態に限るものではなく、種々の変形が可能である。上述した実施形態では、定常補正係数 A F O F T の統計処理を、逐次型最小 2 乗法アルゴリズムにより行ったが、所定数のデータが計測された時点で、一括演算により行うようにしてもよい。

【 0 0 8 4 】

上述した実施形態では、制御対象モデルが加減速補正係数 K T H を含む式 ( 2 ) により定義される場合を示したが、制御対象モデルが加減速補正係数 K T H を含まない下記式 ( 2 a ) により定義される場合にも、上述した気筒間空燃比ばらつき判定手法を適用できる。すなわち、本発明の気筒間空燃比ばらつき判定手法は、空燃比センサにより検出される空燃比を示すパラメータと、エンジン 1 の気筒毎の燃料供給量を規定する値、ここでは適応補正係数 K S T R との関係により定義される制御対象モデルに適用できる。

$$\begin{aligned} K A C T (k) = & b 0 \times K S T R (k-3) + r 1 \times K S T R (k-4) \\ & + r 2 \times K S T R (k-5) + r 3 \times K S T R (k-6) \\ & + s 0 \times K A C T (k-3) \end{aligned} \quad ( 2 a )$$

【 0 0 8 5 】

また本発明は、クランク軸を鉛直方向とした船外機などのような船舶推進機用エンジンなどの制御にも適用が可能である。

【 0 0 8 6 】

【発明の効果】

以上詳述したように請求項 1 に記載の発明によれば、気筒毎に制御対象モデルのモデルパラメータが同定され、該同定されたモデルパラメータに基づいて、気筒間の空燃比ばらつきが判定される。したがって、気筒毎に空燃比センサを設けることなく、また従来のようにオブザーバに対応する演算を行うことなく、比較的簡便に気筒間の空燃比ばらつきを判定することができる。

【 0 0 8 7 】

請求項 2 に記載の発明によれば、所定の機関運転条件が満たされるときに同定

されるモデルパラメータに基づいて気筒間の空燃比ばらつき判定が行われる。機関運転が安定しているときに同定されるモデルパラメータに基づいて判定を行うことにより、正確な判定を行うことができる。

【 0 0 8 8 】

請求項 3 に記載の発明によれば、モデルパラメータに応じてばらつき評価パラメータが算出され、該ばらつき評価パラメータを統計処理した値に基づいて空燃比ばらつき判定が行われる。同定されるモデルパラメータは、ばらつきや変動を伴うが、統計処理した値に基づいた判定を行うことにより、ばらつきや変動の影響を排除し、正確な判定を行うことができる。

【 0 0 8 9 】

請求項 4 に記載の発明によれば、逐次型アルゴリズムを用いて統計処理が実行されるので、逆行列演算や大量のデータを蓄積することが不要となり、演算装置の演算負荷を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態にかかる内燃機関及びその空燃比制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】

適応制御器による制御を説明するために制御系の要部を示すブロック図である。

【図 3】

本実施形態の適応制御器による制御特性を示すタイムチャートである。

【図 4】

要求燃料量（TCYL）を算出する処理の要部を示すフローチャートである。

【図 5】

加速補正係数（KACC）を算出する処理のフローチャートである。

【図 6】

図 5 の処理で使用するテーブルを示す図である。

【図 7】

減速補正係数（K D E C）を算出する処理のフローチャートである。

【図 8】

図 7 の処理で使用するテーブルを示す図である。

【図 9】

適応補正係数（K S T R）を算出する処理のフローチャートである。

【図 1 0】

定常補正係数（A F O F T）を算出する処理のフローチャートである。

【図 1 1】

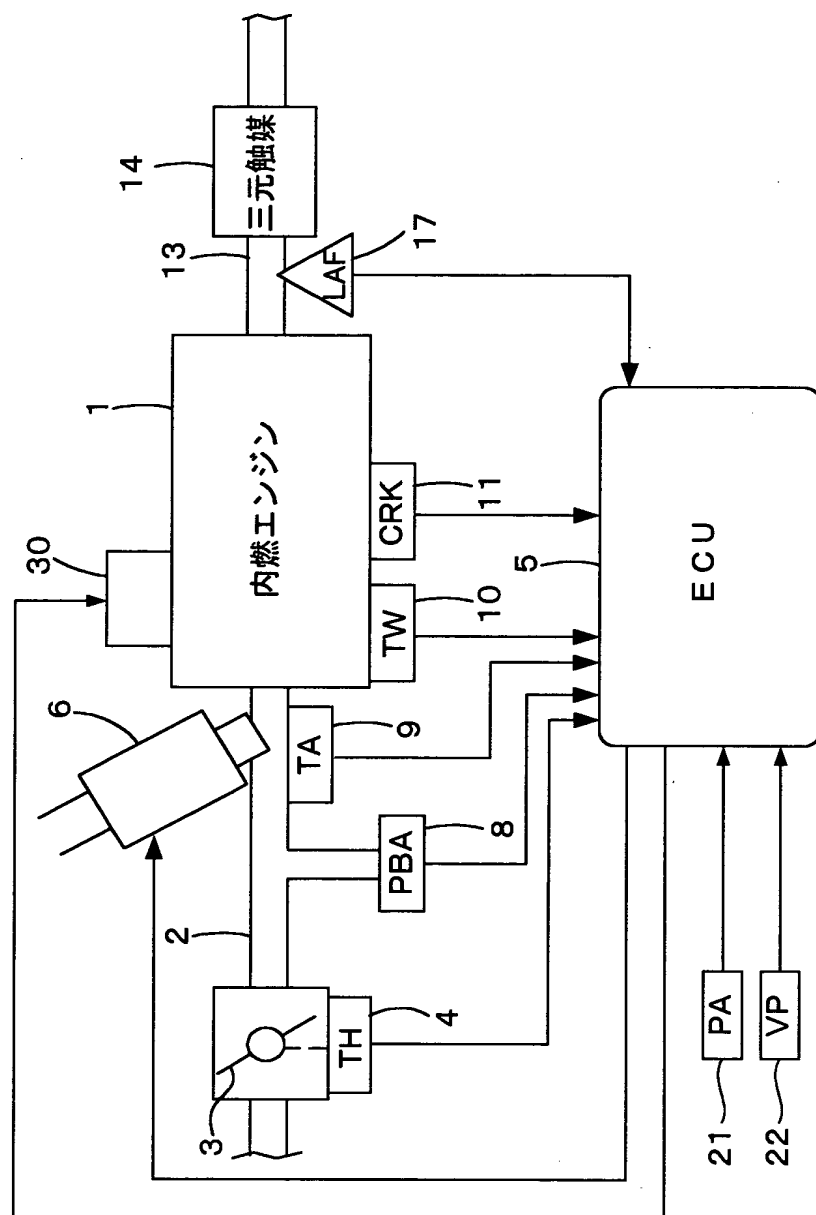
気筒間空燃比ばらつき判定処理のフローチャートである。

【符号の説明】

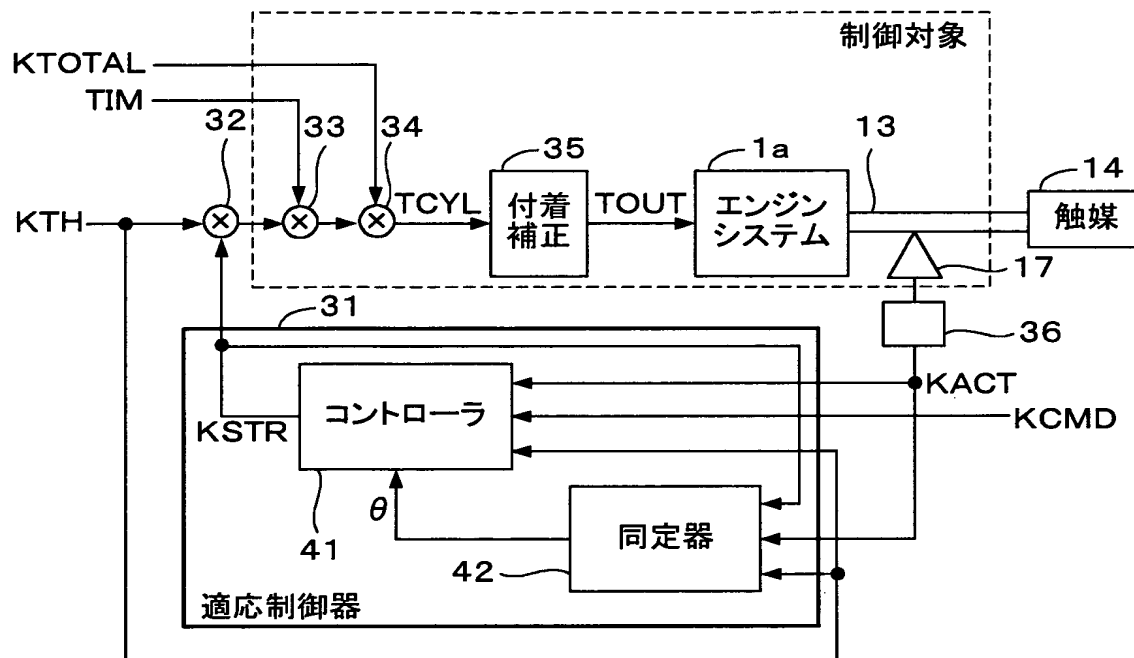
- 1 内燃機関
- 2 吸気管
- 5 電子制御ユニット（同定手段、空燃比ばらつき判定手段）
- 6 燃料噴射弁
- 1 3 排気管
- 1 7 空燃比センサ
- 4 1 コントローラ
- 4 2 同定器（同定手段）

【書類名】 図面

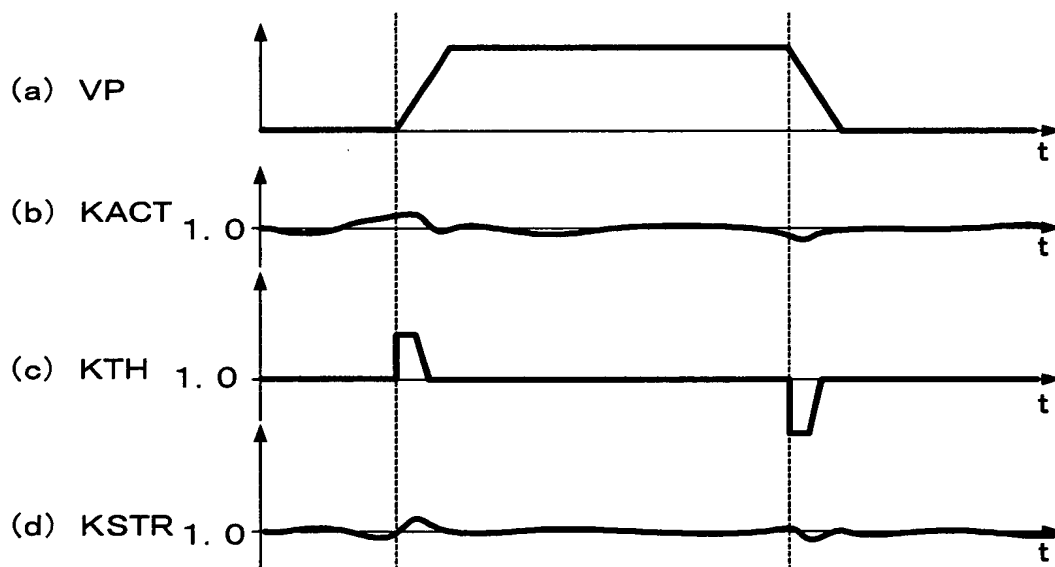
【図1】



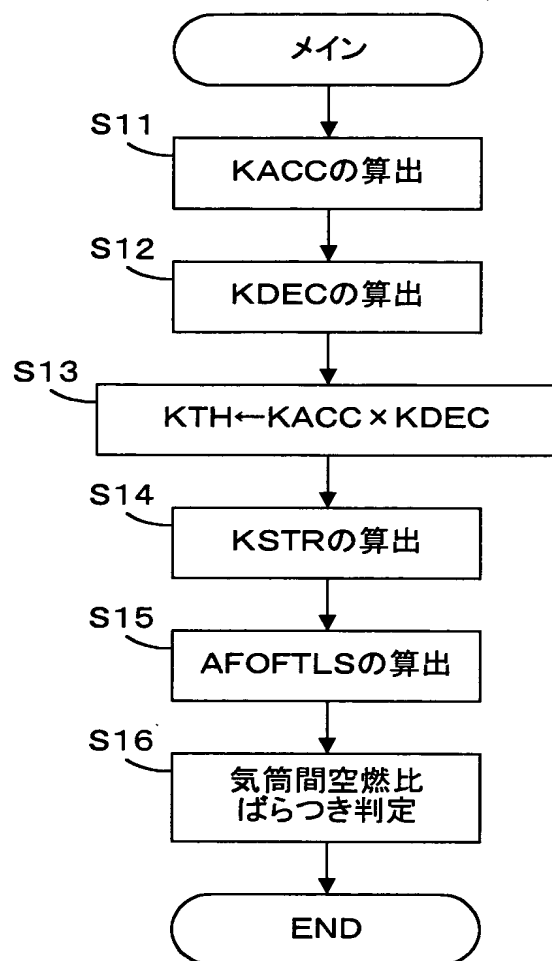
【図 2】



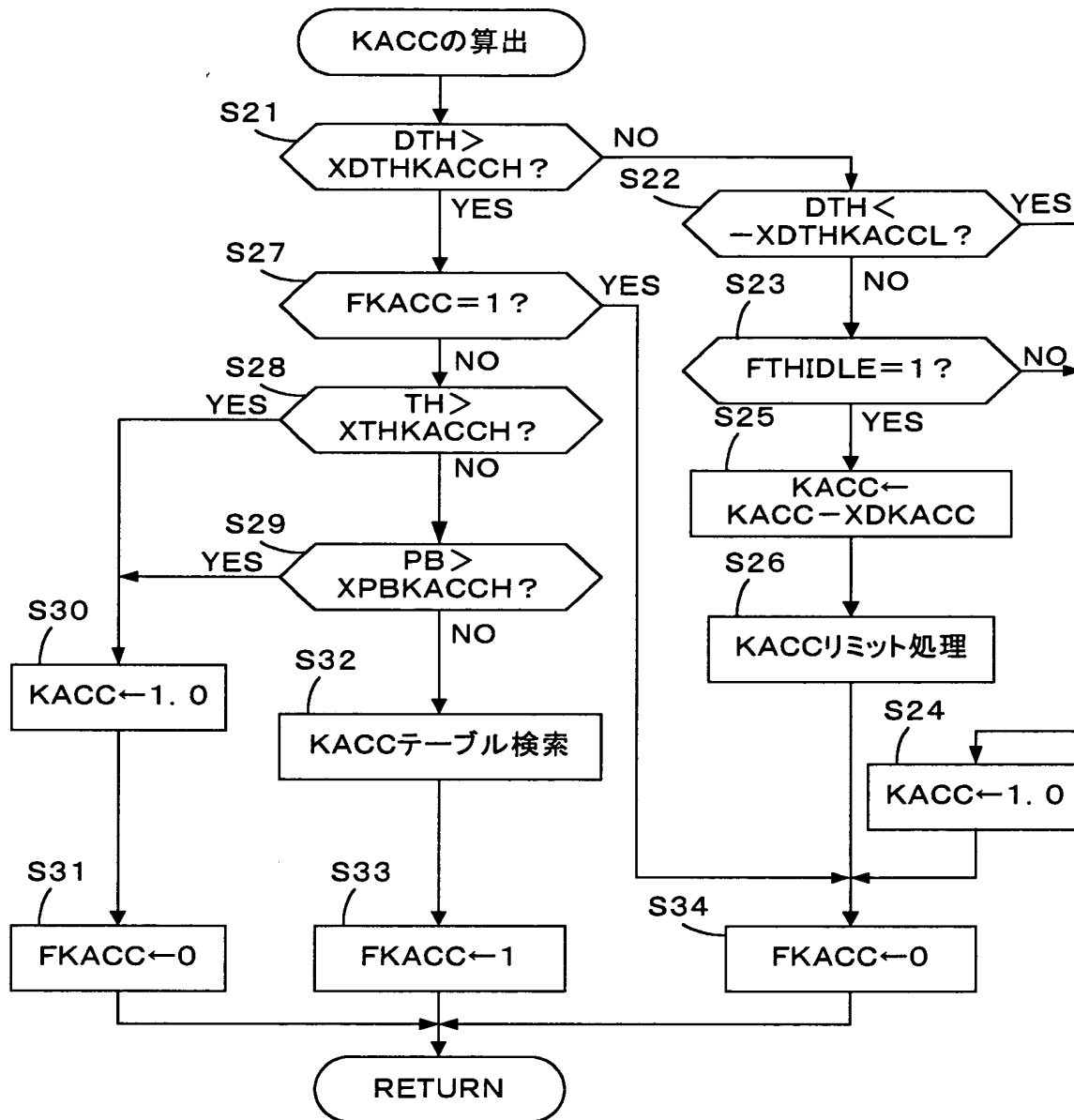
【図 3】



【図 4】



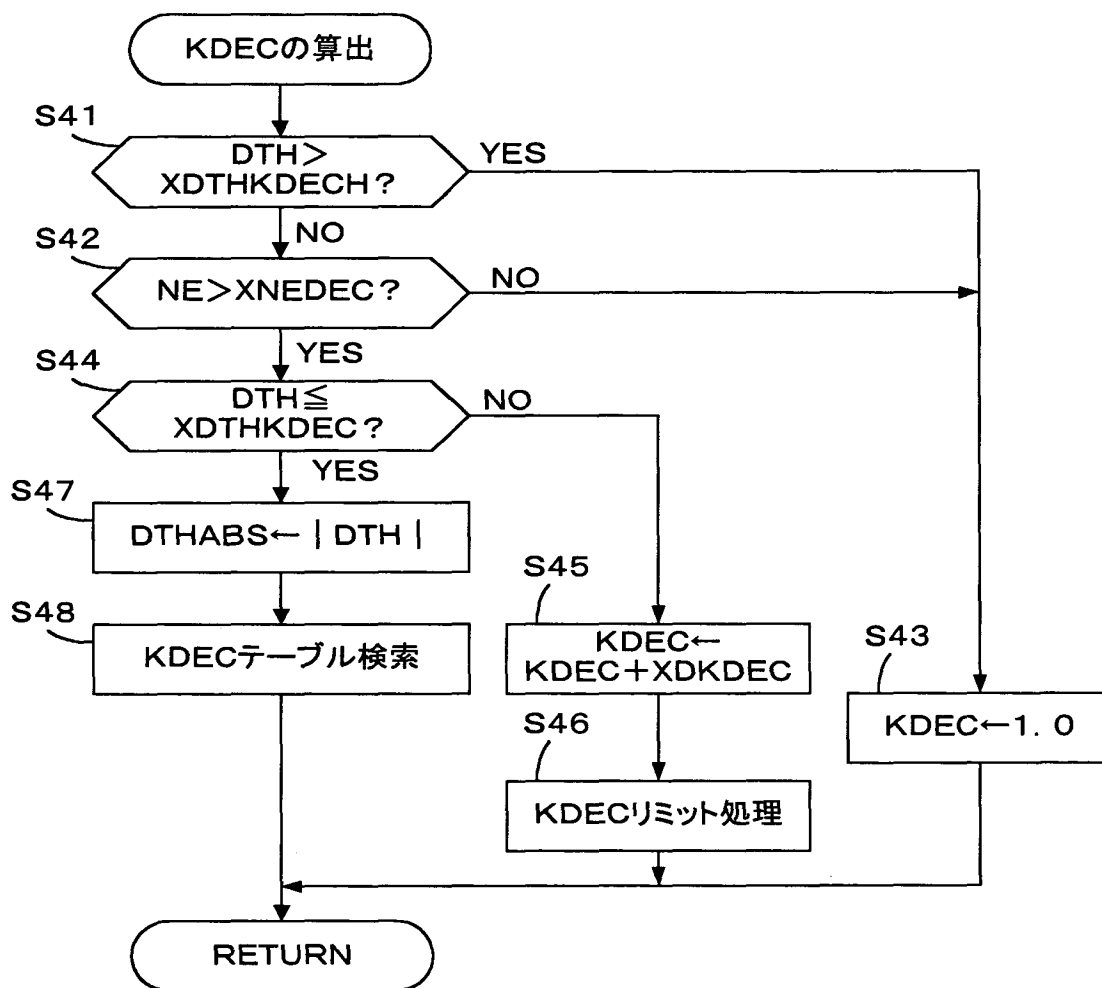
【図 5】



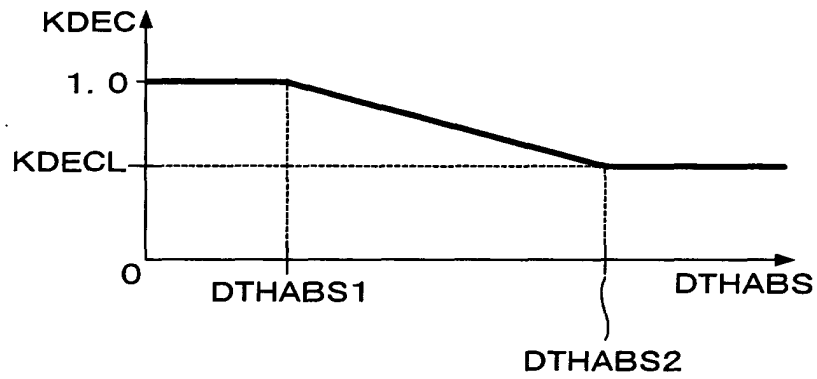
【図 6】



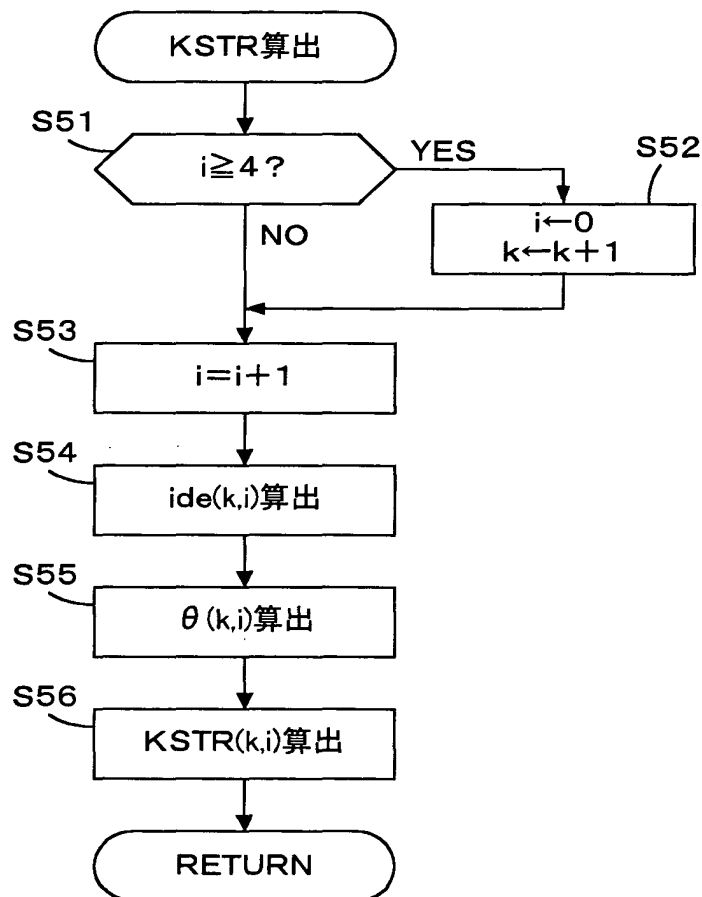
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 1 0】

